

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-243183  
 (43)Date of publication of application : 30.10.1991

(51)Int.Cl.

H02N 2/00  
 H01L 41/09

(21)Application number : 02-040612  
 (22)Date of filing : 21.02.1990

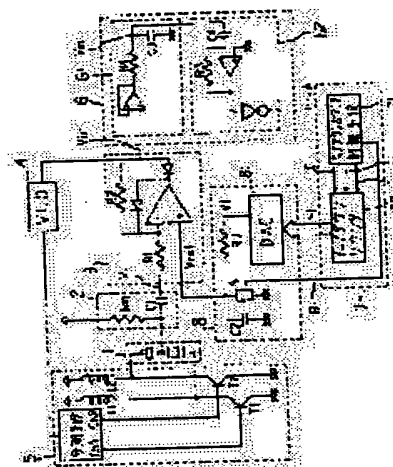
(71)Applicant : SEIKO INSTR INC  
 (72)Inventor : HIROTOMI ATSUSHI

## (54) ULTRASONIC MOTOR DEVICE

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To follow the output frequency of a VCO by a method wherein the rotation and stop of an ultrasonic motor is detected by a rotation and/or stopping detecting means while a reference voltage for rectifying a current for monitoring of the motor is controlled variably.

**CONSTITUTION:** The current of the piezo-electric element of an ultrasonic motor 1 is monitored by a current monitoring means 2 and the wave form of the current is rectified and amplified to effect the feed-back of it. In this case, the rotation and/or stopping of the motor 1 is detected by a rotation and/or stopping detecting means 6. A reference voltage for the above-described rectification and amplification is controlled variably by the output signal through a reference voltage control means 7. According to this method, a reference voltage for rectifying and amplifying the wave form of the current of the motor 1 can be controlled automatically so as to be optimum even when the motor 1 is stopped by the change of a resonance frequency due to the change of the heat generation of the motor 1, an ambient temperature, the abutting force of a moving body, the magnitude of an impressing signal and the like. Accordingly, the output frequency of a VCO can be followed and the motor 1 can be driven again.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

H 02 N 2/00  
H 01 L 41/09

識別記号

C

庁内整理番号

6821-5H

⑭ 公開 平成3年(1991)10月30日

7210-5F H 01 L 41/08

C

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全7頁)

⑮ 発明の名称 超音波モータ装置

⑯ 特 願 平2-40612

⑰ 出 願 平2(1990)2月21日

⑱ 発 明 者 広 富 淳 東京都江東区亀戸6丁目31番1号 セイコー電子工業株式  
会社内

⑲ 出 願 人 セイコー電子工業株式 東京都江東区亀戸6丁目31番1号  
会社

⑳ 代 理 人 弁理士 林 敏之助

# 明 細 書

## 1. 発明の名称

超音波モータ装置

## 2. 特許請求の範囲

(1) 弾性体に圧電素子が貼られた振動体の圧電素子に周波電圧を印加することにより、弾性体の表面に進行波又は定在波を励起し、前記進行波又は定在波によって弾性体に圧接される移動体を駆動せしめる超音波モータにおいて、前記圧電素子の消費電流を検出する電流検出手段と、前記電流検出手段の出力信号を増幅する増幅手段と、前記増幅手段の出力信号により出力周波数に変化する電圧制御発振手段と、前記電圧制御発振手段の出力信号から前記圧電素子に印加する信号を生成する駆動手段と、前記増幅手段の増幅用の基準信号を生成する基準電圧生成手段と、超音波モータの回転停止を検出する回転停止検出手段と、前記回転検出手段の出力信号を受けて、前記基準電圧生成手段を制御する基準電圧制御手段からなること

を特徴とする超音波モータ装置。

(2) 前記増幅手段は、前記基準電圧生成手段の基準信号を境に、片側に信号を増幅する整流増幅手段であることを特徴とする請求項1記載の超音波モータ装置。

(3) 前記回転停止検出手段は、前記増幅手段の出力信号を平滑する平滑手段を有し、前記平滑手段の出力信号を微分する微分手段か、前記平滑手段の出力信号を前記基準電圧生成手段の基準信号を分圧した第2の基準電圧とを比較する比較手段のいずれか一方を有することを特徴とする請求項1記載の超音波モータ装置。

(4) 前記基準電圧制御手段は、複数ビットのアップダウンカウンタと、前記回転停止検出手段の出力信号を受けて、前記アップダウンカウンタの加減算の制御信号や計数信号を生成するアップダウンカウンタ制御手段からなることを特徴とする請求項1記載の超音波モータ装置。

(5) 前記基準電圧生成手段は、前記アップダウンカウンタのカウントデータにより、出力電圧が

制御されるDAコンバータと、前記DAコンバータの出力端と前記整流増幅手段の一端の間に直列に設けられた抵抗素子と、前記抵抗素子の前記整流増幅手段側の端点と接地の間に容量素子とスイッチング素子が並列に設けられていることを特徴とする請求項1記載の超音波モータ装置。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (産業上の利用分野)

本発明は、圧電素子を利用した超音波モータの駆動回路に関するものである。

#### (発明の概要)

本発明は、超音波モータの圧電素子に流れる電流をモニターし、前記電流波形を整流増幅して、電圧制御発振手段の制御電圧として帰還し、前記電圧制御発振手段の出力信号から前記超音波モータの駆動信号を生成する超音波モータ回路において、前記電流波形を整流増幅したの信号から超音波モータの回転停止を検出する回転停止検出手段を設け、前記回転停止検出手段の出力信号から前

ると、超音波モータ自体のエネルギー損失による発熱や環境温度、移動体の圧接力、印加信号の大きさ等の変化による $f_r$ や消費電流の変化があった場合に停止してしまうからである。

特願昭63-271387号の超音波モータ装置は、圧電素子に流れる電流が、 $f_r$ で最大になることを利用して、前記電流を電圧信号に変換する抵抗と、変換された電流波形を整流増幅して、電圧制御発振手段(VCO)に制御電圧として帰還入力し、前記VCOの出力周波数が $f_r$ 近傍になるように整流増幅の基準電圧を設定して、超音波モータを駆動するものである。またこの方法は環境温度、印加信号の大きさ等の変化による $f_r$ の変化や電流の変化にVCOの出力周波数が追従できるようになっており、例えば負荷変動の少ない据置型の超音波モータの駆動に適している。しかし、移動体の圧接力の変化(例えば腕時計等に応用された場合の不意の落下による衝撃など)による $f_r$ の変化や電流の変化にはVCOの出力周波数は追従できず、場合によってはVCOの出力

周波数増幅のための整流増幅基準電圧を可変制御するものである。

#### (従来の技術)

超音波モータは圧電素子に周波電圧を印加して弾性対表面に進行波又は定在波を励起し、圧接する移動体を駆動するものである。印加信号の周波数は超音波モータの共振周波数( $f_r$ )か、これに近い周波数でなければならない。

従来は、 $f_r$ の測定をあらかじめ行い、基準発振器等を用いて駆動信号を超音波モータに印加していた。

また、超音波モータを安定に駆動するための装置として、特願昭63-271387号、超音波モータ装置として本出願人より提案されている。

#### (発明が解決しようとする課題)

$f_r$ の測定をあらかじめ行い、基準発振器等を用いて駆動信号を得る方法は現実的でない。なぜなら、 $f_r$ にあった発振器を構成するのは、電気素子の定数がバラツキをもつことから量産性に乏しくなり、更に基準発振器で駆動周波数を固定す

周波数が $f_r$ からずれたところで安定してしまい、超音波モータが停止しっぱなしとなる場合もあり得る。更に、環境温度や印加信号の大きさ等の変化による $f_r$ の電流の変化は、モータ毎に異なるため、個別にVCOの追従特性を合わせ込まなければならないという作業が必要となっていた。

#### (課題を解決するための手段)

上記の問題点を解決するために本発明においては、超音波モータの回転停止を検出するための回転停止検出手段と、超音波モータの電流波形の整流増幅の基準電圧を制御するための基準電圧制御手段を設け、超音波モータの停止を検出して、前記基準電圧を最適なものに自動的に調整するようにしたものである。

#### (作用)

上記のような構成によれば、超音波モータ自体の発熱や環境温度、移動体の圧接力、印加信号の大きさ等の変化による $f_r$ の変化や電流の変化によって、超音波モータの停止が発生しても、自動的に超音波モータの電流波形の整流増幅の基準電

圧が最通なものに制御され、VCOの出力周波数の追従が行われ、再度超音波モータの駆動が可能となる。

#### 〔実施例〕

以下に、本発明の実施例を図面に基いて説明する。なお、圧電素子を利用した超音波モータについては定在波方式と進行波方式など種々考えられるが（例えば「新方式／新原理モータ開発・実用化の要点」昭和59年に日本工業技術センター発行を参照）、本発明の超音波モータは、いづれでも良い。

第1図は本発明の代表的な実施例で、機能ブロック図で示してある。

本発明の駆動回路が安定に超音波モータを駆動する原理を第2図の超音波モータ1、電流モニター手段2、整流増幅手段3、VCO4、駆動手段5、基準電圧生成手段8を用いて説明する。VCO4の制御電圧に対する出力周波数の傾きは正負どちらでも良いが、説明では負の傾きをもつVCOとする。第3図にVCOの回路例と、第4図に

VCOの出力特性を示す。VCOの出力特性を1次式で近似とすると、(1)式であらわすことができる。

$$f = a \cdot V_{in} + b \quad \text{----- (1) 式}$$

ここで、

$f$  = VCO4の出力信号を分周して超音波モータ1に印加する信号の周波数

$V_{in}$  = VCOの制御電圧

$a$  = 傾き係数

$b$  = オフセット周波数

である。 $f = f_r$ となる制御電圧を $V_r$ とする。

超音波モータ1の電流 $i$ は、電流検出手段2の抵抗 $R_m$ により電圧信号に変換され、カップリングコンデンサC1を通過して増幅手段3に入力される。整流増幅手段3は電流波形を基準電圧 $V_{ref}$ を基準に整流増幅を行い、整流増幅された信号 $V_{in}$ がVCO4に制御電圧として入力される。このときの $V_{in}$ は次の(2)式であらわすことが出来る。

$$V_{in} = V_{ref} - A_n \cdot i \cdot R_m \quad \text{----- (2) 式}$$

ここで、 $A_n$ は増幅手段の増幅度である。整流増幅された交流信号 $V_{in}$ がVCO4に入力されると、 $V_{in}$ の1周期内では出力周波数は $V_{in}$ に合わせて変化するが、1/4分周することにより、分周後の周波数 $f$ は一定となる。この様子を第5図に示す。また、交流信号 $V_{in}$ の代りに、 $V_{in}$ を平滑した信号 $V_m$ を入力してやっても、分周後の周波数 $f$ はかわらない。以降、VCOの制御電圧は $V_m$ をもって説明する。 $V_m$ はつぎの(3)式であらわすことが出来る。

$$V_m = V_{ref} - A_n \cdot i \cdot R_m / \pi \quad \text{----- (3) 式}$$

(3)式を(1)式に代入する。

$$f = a(V_{ref} - A_n \cdot i \cdot R_m / \pi) + b \quad \text{--- (4) 式}$$

ここで、基準電圧生成手段8のスイッチSがON状態からOFF状態に変化した場合、整流増幅の基準電圧 $V_{ref}$ は、 $R3 \cdot C2$ の時定数をもって $V_1$ まで上昇して行く。超音波モータ1の印加周波数 $f$ と電流 $i$ の関係を第6図に示しておく。スイッチSがOFFに変わった瞬間は、基準電圧 $V_{ref}$ は0Vで、 $f$ は $f_r$ よりも十分高いため電

流 $i$ は非常に小さく、(4)式の $V_m$ は $V_m \approx V_{ref}$ とあらわすことができる。つまりスイッチSがON直後は、 $V_{ref}$ の変化とともに $V_m$ は $V_r$ に近づいていく。 $f$ も $f_r$ に近づいていくが、それにつれ、第7図に示す通り電流 $i$ が増えていく。電流 $i$ が増えると(4)式から $V_m$ は $V_{ref}$ よりも $A_n \cdot i \cdot R_m / \pi$ だけ小さくなる。ここで、超音波モータの最大電流を $i_{max}$ とすると、電流による偏差項の最大値は、 $A_n \cdot i_{max} \cdot R_m / \pi$ となる。

ここで $V_1$ を(5)式の条件を満たすように設定しておく。

$$V_r < V_1 \leq V_r + A_n \cdot i_{max} \cdot R_m / \pi \quad \text{--- (5) 式}$$

(5)式のように $V_1$ を設定すれば、 $V_{ref}$ が最終到達電圧 $V_1$ になったとき、 $V_m$ は $V_r$ より低い電圧で安定することになる。従って超音波モータ1への印加周波数 $f$ は、共振周波数 $f_r$ より高い周波数で安定し、超音波モータを駆動することができる。第7図にスイッチSがON状態からOFF状態へ変化してからの $V_{ref}$ 及び $V_m$ の

変化の様子を示す。

逆に、整流増幅の基準電圧  $V_{ref} (=V_1)$  が(6)式のような関係になると、スイッチSをON状態からOFF状態に変化させ、駆動周波数  $f$  を  $f_r$  より高い周波数から低い周波数へスweepさせても、最終的な駆動周波数  $f$  の安定周波数は  $f_r$  より低い周波数となり、超音波モータは停止してしまう。

$$V_1 > V_r + A_n \cdot i_{max} \cdot R_n / \pi \quad \text{--- (6) 式}$$

今までの説明のとおり、電流波形の整流増幅の基準電圧である  $V_1$  を適当な値に設定してやれば、VCOの出力周波数を  $f_r$  より高めの周波数で安定させることができ、超音波モータを駆動することができる。

つづいて本発明の主要動作を第2図を用いて説明する。本発明の動作は、端的に言えば、駆動周波数を  $f_r$  より高い方から低い方へスweepさせ、超音波モータの回転停止があった場合には整流増幅の基準電圧を可変し、再度スweep駆動するというように、(5)式の条件を満足するまで整流

増幅の基準電圧を可変するものである。以下に詳細を述べる。

回転検出手段6は、超音波モータの停止状態を検出する回路で、整流増幅手段3で整流増幅された電流波形信号  $V_{in}$  をボルテージフォロウで受け、抵抗  $R_4$  とコンデンサ  $C_3$  で平滑するのが平滑手段61である。平滑された信号  $V_m$  を微分するのが微分手段62である。そして  $V_m$  の急峻な変化があった場合にパルス信号を出力する。第7図にあるとおり、超音波モータが停止に至った場合には  $V_m$  の変化は急峻であるから、微分手段62の出力信号から超音波モータの停止を検出することができる。超音波モータが回転停止に至った場合の  $V_m$  の変化と回転停止検出手段6の出力信号を第8図に示す。このときの回転停止検出手段6の出力信号をAとする。

回転停止検出信号Aを受けて、整流増幅の基準電圧  $V_1$  を可変するためのデータFを生成するのが、基準電圧制御手段7である。第13図に基準電圧制御手段7の中のアップダウンカウンタ制御

手段71の回路例と、第14図に第13図の回路の動作を示すタイミング図を示す。第12図は基準電圧制御手段7で生成されたデータFを受けて、データFにあった基準電圧  $V_1$  を生成するDAコンバータの回路例を示してある。

第13図と第14図で、信号Cはモータの駆動イネーブル信号で、各FFのリセット解除と、アップダウンカウンタ712の初期設定を行う。アップダウンカウンタ712はこれにより、全データが1となり、基準電圧生成手段8の出力信号  $V_1$  は最大値となる。第14図の第Iの動作領域である。

また信号Cが1から0にかわったとき、整流増幅の基準電圧  $V_{ref}$  は、0Vから  $V_1$  まで徐々に変化して行くが、今、 $V_1$  は最大に設定されているから(6)式の条件が満たされないとすると、 $V_{ref} + A_n \cdot i \cdot R_n / \pi$  が  $V_r$  より高くなった時点で超音波モータの回転停止検出信号Aが出力される。超音波モータの回転停止検出信号Aを受けて、アップダウンカウンタ712に減算信号E

が入力され、データFは1だけ減じられ、 $V_1$  データもデータFに応じて小さくなる。また、スイッチSの制御信号Bも生成され、スイッチSは一時的にON状態となり、コンデンサ  $C_2$  の電荷が放電される。よって、 $V_{ref}$  はスイッチSがOFF状態となったとき、再度0Vから  $V_1$  まで徐々に変化することとなる。更に、再度モータの回転停止検出信号Aが出力されたら、前記動作を繰り返し、(5)式の条件が満足されるまで繰り返される。第14図の第IIの動作領域が上記動作を示している。

また超音波モータの回転停止が所定の時間起こらなかった場合には、アップダウンカウンタ712の加減算制御信号Dが1となり、アップダウンカウンタ712のデータFは1だけ加算され、 $V_1$  はその分高くなる。このときにはスイッチSはON状態とはならない。この動作を第14図の第IIIの動作領域である。

第15図は基準電圧生成手段711の一例を示す回路図で、例では  $1/256\text{Hz}$  の半周期分の1

28秒間回転停止がなかった場合に前記の第Ⅱの動作を行うようになっている。

アップダウンカウンタ712のデータFが加算されてV1が高くなって、再度(5)式の条件が満足されなくなり、モータの回転停止検出信号Aが出力された場合には、加減算信号Dを0、つまりアップダウンカウンタ712を減算カウンタにして、第Ⅱの動作から繰り返すことになる。第Ⅱの動作領域を繰り返しているのが第Ⅳの動作領域である。

つまり、本発明によれば、VCOの出力周波数範囲を超音波モータが、温度や駆動電圧の変動、負荷変動等による $f_r$ の変化範囲を含むようにしさえすれば、超音波モータの駆動開始時に、自動的に超音波モータが駆動するように回路の定数(整流増幅手段の基準電圧)が調整されることになる。

(発明の効果)

本発明によれば、超音波モータを駆動する場合に温度や駆動電圧の変動、更には負荷変動等によ

って本駆動回路が超音波モータ駆動不能状態になっても、温度や駆動電圧の変動、負荷変動等に合わせて駆動回路の駆動定数を最適なものに自動調整するため、再度駆動される。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の代表的な実施例を示す機能ブロック図、第2図は本発明の具体的な例を示す回路図、第3図は本発明で使用するVCOの一例を示す回路図、第4図は第3図のVCOの出力特性を示す図、第5図は超音波モータの電流波形V1と整流波形VinとVCOの出力信号と分周後の信号を示す図、第6図は超音波モータの駆動周波数と消費電流の関係を示す図、第7図は第2図のスイッチSをOFFにした後のVrefと駆動周波数と消費電流の変化を示す図、第8図は第2図の回転停止検出手段6の超音波モータの回転停止検出信号の発生を示す図、第9図は回転停止検出手段6の別な実施例を示す回路図、第10図は第9図の回転停止検出手段の回転停止検出信号Aを

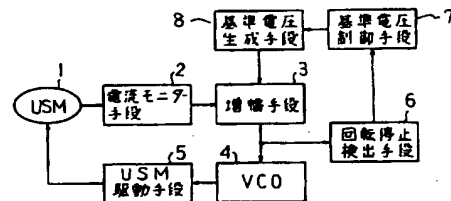
示す図、第11図は駆動手段5の中の分周手段の一例を示す回路図、第12図はアップダウンカウンタの出力信号F( $f_0 \sim f_5$ )を受けて、基準電圧V1を生成する基準電圧生成手段(DAコンバータ)の一例を示す回路図、第13図は基準電圧制御手段7の中のアップダウンカウンタ制御手段71の一例を示す回路図、第14図は第13図のアップダウンカウンタ制御手段の動作を示すタイミング図、第15図は第13図のアップダウンカウンタ制御手段71の中の基準信号生成手段1301の一例を示す回路図である。

- 1・・・超音波モータ
- Rm・・・電流モニター抵抗
- C1・・・カップリングコンデンサ
- D1、D2・・・整流用ダイオード
- L1、L2・・・昇圧コイル
- T1、T2・・・スイッチングトランジスタ

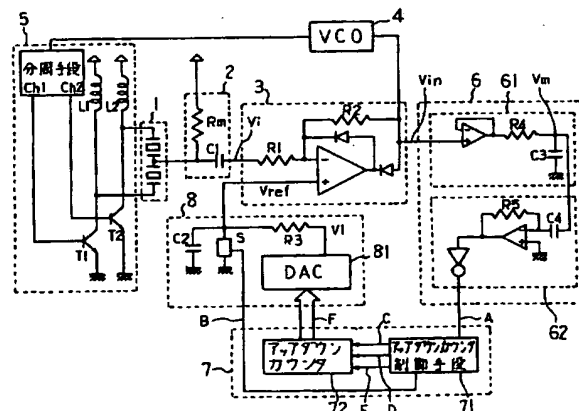
以上

出願人 セイコー電子工業株式会社

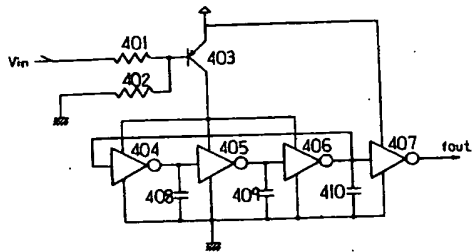
代理人 弁理士 林 敬 之 助



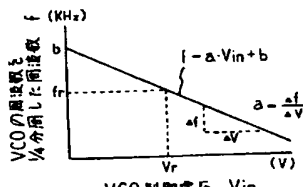
本発明の代表的な実施例を示す機能ブロック図  
第1図



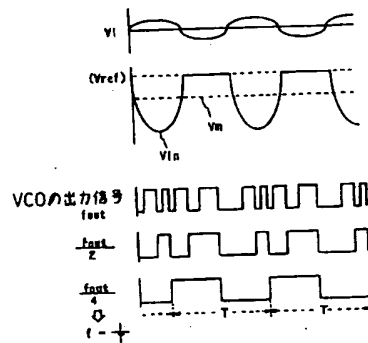
本発明の具体的な実施例を示す回路図  
第2図



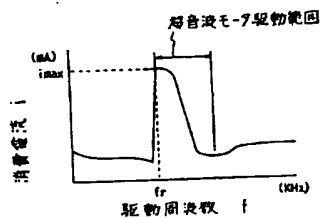
VCOの一例を示す図  
第3図



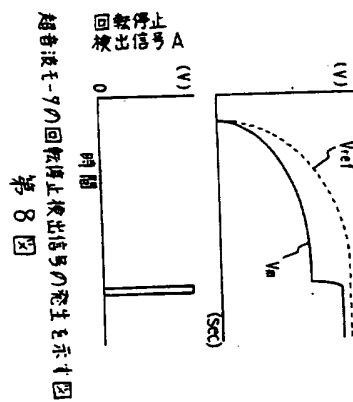
VCO制御電圧 Vin  
VCOの出力特性を示す図  
第4図



VCOの出力信号  
電圧波形 Vi と電圧波形 Vin と VCO の出力信号と分周後の信号を示す図  
第5図

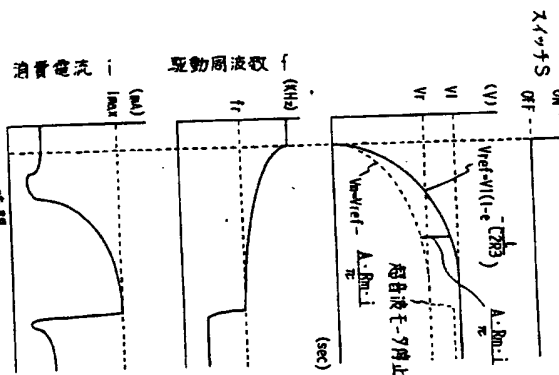


超音波モータ駆動電圧  
消費電流 i  
駆動周波数 f  
超音波モータの駆動周波数と消費電流の関係を示す図  
第6図

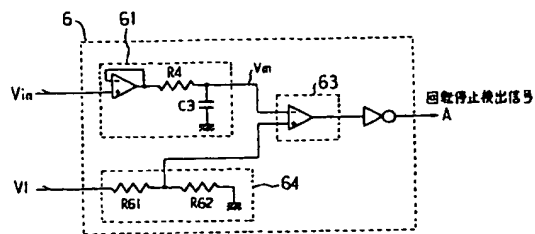


超音波モータの回転停止検出信号の発生を示す図  
第8図

スリッパS.OFF後のVrefと駆動周波数と消費電流の変化を示す図  
第7図

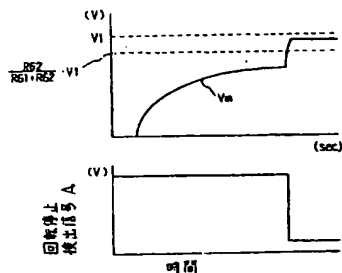






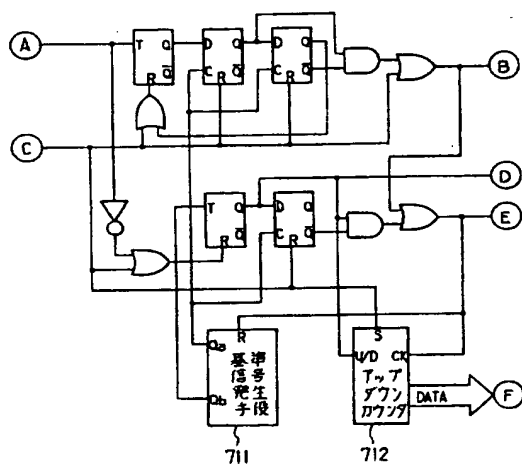
回転停止検出手段6の別の実施例を示す回路図

第9図



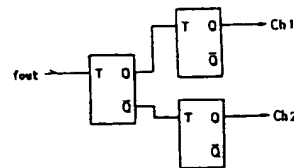
第9図の回転停止検出手段の回転停止検出信号Aを示す図

第10図



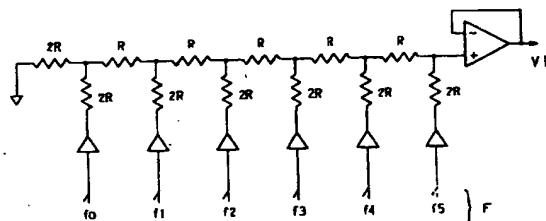
基準電圧制御手段7の中のアップダウンカウンタ制御手段71の一例を示す回路図

第13図



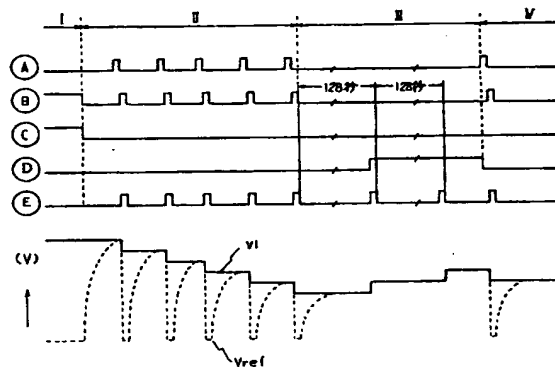
駆動手段5の中の分周手段の一例を示す図

第11図



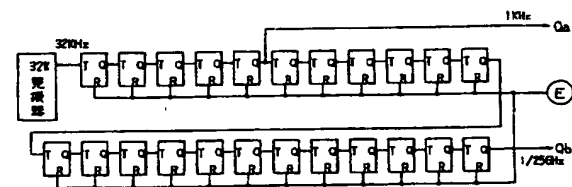
第12図基準電圧V1と生成するDAコンバータの一例を示す回路図

第12図



基準電圧制御手段7の動作を示すタイミング図

第14図



アップダウンカウンタ制御手段71の中の基準電圧生成手段711の一例を示す回路図

第15図